

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Bescheinigung

Die Raytek GmbH in Berlin/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Vorrichtung zur Temperaturmessung"

am 3. August 1995 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol G 01 J 5/08 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 15. März 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag



Aktenzeichen: 195 28 590.5

Wallner

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Temperaturmessung enthaltend

- 5 a) einen Detektor (1) zum Empfang einer von einem
 Meßfleck (2a) auf einem Meßobjekt (2) ausgehen-
 den Wärmestrahlung (3),
- 10 b) ein optisches System (4) zur Abbildung der vom
 Meßfleck ausgehenden Wärmestrahlung auf den De-
 tektor (1)
- 15 c) sowie eine Visiereinrichtung (5) zur Kennzeich-
 nung der Lage und Größe des Meßflecks (2a) auf
 dem Meßobjekt mittels sichtbarem Licht (6),

dadurch gekennzeichnet, daß

- 20 d) die Visiereinrichtung (5) eine diffraktive Optik
 (holografisches Element 5b) zur Erzeugung einer
 Lichtintensitätsverteilung aufweist.

- 25 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 daß die Visiereinrichtung (5) ferner wenigstens ein
 zusätzliches, brechendes und/oder reflektierendes
 optisches Element (5c, 5'c) aufweist.

- 30 3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 daß die diffraktive Optik durch ein holografisches
 Element (5b) gebildet wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch
eine derartige Ausgestaltung der diffraktiven Optik,
daß die Lichtintensitätsverteilung auf dem Meßobjekt

(2) eine kreisringförmige Markierung (3a; 3b) bildet.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
5 daß die Lichtintensitätsverteilung durch wenigstens zwei kreisförmige, konzentrisch zueinander angeordnete Markierungen (3f, 3g, 3h) gebildet wird.

10 6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtintensitätsverteilung zusätzlich eine die Mitte des Meßflecks darstellende weitere Markierung (3c) aufweist.

15 7. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine derartige Ausgestaltung der diffraktiven Optik, daß die Lichtintensitätsverteilung auf dem Meßobjekt (2) eine kreuzförmige Markierung (3d, 3e) bildet.

20 8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die kreisringförmigen, konzentrischen Markierungen jeweils einen Bereich des Meßflecks (2a) kennzeichnen, aus dem ein bestimmter Prozentsatz der Energie der empfangenen Wärmestrahlung stammt.

25 9. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Element (5'c) eine Fokusebene aufweist, wobei die eine kreisförmige Markierung den zwischen dem optischen Element und der Fokusebene liegenden Meßfleck (2a) und die andere Markierung
30 den - vom optischen Element aus gesehen - hinter der Fokusebene liegenden Meßfleck kennzeichnet.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Visiereinrichtung eine Lichtquelle (5a),

insbesondere einen Laser, zur Bestrahlung der diffraktiven Optik (4) aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang der Visiereinrichtung (5) ein Strahlteiler (4a, 4'a) angeordnet ist, der für das sichtbare Licht (6) durchlässig ist und für die vom Meßobjekt ausgehende Wärmestrahlung (3) reflektierend wirkt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Element als Ringlinse (5'c) und das optische System (4) als Infrarotlinse (4'b) ausgebildet ist, wobei die Ringlinse um die Infrarotlinse angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlteiler (4a) zwischen optischem Element (5c) und dem Meßobjekt (2) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlteiler (4'a) zwischen diffraktiver Optik (4) und dem zusätzlichen optischen Element (5'c) angeordnet ist.

Vorrichtung zur Temperaturmessung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Temperaturmessung entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige, aus der Praxis bekannte Vorrichtungen zur berührungslosen Temperaturmessung enthalten einen Detektor zum Empfang einer von einem Meßfleck auf einem Meßobjekt ausgehenden Wärmestrahlung, ein optisches System zur Abbildung der vom Meßfleck ausgehenden Wärmestrahlung auf den Detektor sowie eine Visiereinrichtung zur Kennzeichnung der Lage und Größe des Meßflecks auf dem Meßobjekt mittels sichtbarem Licht. Mit dem Detektor steht ferner eine weiterverarbeitende Einrichtung in Verbindung, die das Detektorsignal in eine Temperaturanzeige umrechnet.

Das optische System wird dabei so ausgestaltet, daß in einer bestimmten Meßentfernung zu einem großen Teil nur Wärmestrahlung von einer bestimmten Fläche des Meßobjekts, nämlich dem sog. Meßfleck, auf den Detektor fokussiert wird. In den meisten Fällen wird die Größe des Meßfleckes durch die Fläche definiert, aus der 90 % der auf den Detektor fokussierten Wärmestraahlen treffen. Es sind jedoch auch Anwendungsfälle bekannt, bei denen man sich auf Werte zwischen 50 % und 100 % bezieht.

Der Verlauf der Abhängigkeit der Größe des Meßfleckes von der Meßentfernung hängt von der Gestaltung des optischen Systems ab. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Fernfokussierung und Nahfokussierung. Bei der Fernfokussierung bildet das optische System den Detektor ins Unendliche und bei der Nahfokussierung auf die

Fokusebene ab. Im Falle der Fernfokussierung hat man es mit einem linear mit der Meßentfernung wachsenden Meßfleck zu tun, bei der Nahfokussierung wird der Meßfleck sich zunächst mit der Meßentfernung verkleinern und nach der Fokusebene wieder vergrößern, falls die freie Apertur der Optik größer ist als der Meßfleck in der Fokusebene. Ist der Meßfleck in der Fokusebene größer als die freie Apertur des optischen Systems, vergrößert sich der Meßfleck mit der Meßentfernung auch vor der Fokusebene. Nur der Anstieg der Meßfleckgröße ist vor der Fokusebene geringer als danach.

In der Vergangenheit wurden verschiedene Versuche gemacht, die Lage und Größe des an sich unsichtbaren Meßfleckes durch Beleuchtung sichtbar zu machen. Gemäß der JP-A-47-22521 werden eine Vielzahl von Strahlen, die von mehreren Lichtquellen stammen, oder durch Reflexion aus einer Lichtquelle gewonnen werden, entlang den Randstrahlen eines fernfokussierten optischen Systems auf das Meßobjekt gerichtet. Auf diese Weise kann die Größe und Lage des Meßfleckes für ein fernfokussiertes System durch eine ringförmige Anordnung von beleuchteten Punkten um den Meßfleck herum sichtbar gemacht werden. US-A-5,368,392 beschreibt verschiedene Methoden zum Ummalen von Meßfleckchen durch Laserstrahlen. Dazu gehört die mechanische Ablenkung von einem oder mehreren Laserstrahlen sowie die Aufspaltung eines Laserstrahls durch einen Strahlteiler oder eine Faseroptik in mehrere Einzelstrahlen, die den Meßfleck umgeben.

Aus der Praxis ist ferner ein Visiersystem bekannt, das zwei Laserstrahlen zur Beschreibung der Meßfleckgröße benutzt. Dieses System benutzt zwei divergierende vom Rand des optischen Systems ausgehende Strahlen zur Cha-

rakterisierung eines fernfokussierten Systems und zwei sich im Fokuspunkt kreuzende Laserstrahlen zur Charakterisierung eines nahfokussierten optischen Systems.

5 Alle bekannten Visiereinrichtungen sind entweder nur für eine bestimmte Meßentfernung brauchbar oder erfordern einen relativ hohen Justageaufwand und sind oftmals sehr teuer.

10 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Vorrichtung zur Temperaturmessung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 dahingehend weiterzuentwickeln, daß eine einfache, entfernungsunabhängige Kennzeichnung der Lage und Größe des Meßfleckes ermöglicht wird.

15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das kennzeichnende Merkmal des Anspruches 1 gelöst, in dem die Visiereinrichtung eine diffraktive Optik zur Erzeugung einer Lichtintensitätsverteilung aufweist, mit der die
20 Lage und Größe des Meßfleckes auf dem Meßobjekt sichtbar gemacht werden kann.

25 Eine diffraktive Optik ist ein optisches Element, dessen Funktion hauptsächlich auf der Beugung von Lichtwellen beruht. Zur Erzeugung der Beugung sind in dem optischen Element transversale Mikrostrukturen vorgesehen, die beispielsweise aus einem Oberflächenprofil oder einem Brechungsindexprofil bestehen können. Diffraktive optische Elemente mit einem Oberflächenprofil
30 sind auch als sog. holografische Elemente bekannt. Die Oberflächenmuster werden beispielsweise durch Belichtung von Fotoresist-Schichten und anschließendem Ätzen hergestellt. Ein solches Oberflächenprofil läßt sich auch durch Galvanisieren in einen Präge-Druckstock um-

wandeln, mit dem in erwärmte Plastikfolien das Hologramm-Profil übertragen und vervielfältigt werden kann. Somit lassen sich preiswert aus einem Hologramm-Druckstock viele holografische Elemente herstellen.

5

Das Muster der diffraktiven Optik entsteht durch Interferenz einer Gegenstandswelle mit einer Referenzwelle. Verwendet man beispielsweise als Gegenstandswelle eine Kugelwelle und als Referenzwelle eine ebene Welle, entsteht eine Intensitätsverteilung in der Bildebene, die sich aus einem Punkt in der Mitte (0. Ordnung), einem ersten intensiven Kreis (erster Ordnung) und weiteren weniger intensiven Kreisen größerer Durchmesser (höhere Ordnungen) zusammensetzt. Durch Ausblenden der 0-ten und der höheren Ordnungen läßt sich ein einzelner Kreis herausfiltern. Durch andere Gegenstandswellen läßt sich eine Vielzahl anderer Intensitätsverteilungen herstellen, die nachfolgend anhand einiger Ausführungsbeispiele näher erläutert werden.

10

15

20

Üblicherweise liegen etwa 80 % der von der Lichtquelle ausgehenden Energie in den von der diffraktiven Optik erzeugten Mustern. Die restliche Energie wird innerhalb und außerhalb des Meßfleckes verteilt.

25

Die erzeugte Lichtintensitätsverteilung kann beispielsweise durch eine kreisringförmige, den Meßfleck einschließende, oder eine kreuzförmige Markierung gebildet werden.

30

Eine derartige Vorrichtung ist zudem preiswert herstellbar und erfordert lediglich einen geringen Justageaufwand.

Weitere Ausgestaltung der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche und werden im folgenden anhand der Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele und der Zeichnung näher erläutert.

5

In der Zeichnung zeigen:

Fig.1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturmessung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

10

Fig.2a bis 2g schematische Darstellungen verschiedener Lichtintensitätsverteilungen zur Kennzeichnung der Lage und Größe des Meßflecks,

15

Fig.3 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturmessung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;

20

Fig.4 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturmessung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel;

25

Fig.5 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturmessung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel.

30

Fig.1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturmessung, enthaltend

- 5 a) einen Detektor 1 zum Empfang einer von einem Meßfleck 2a eines Meßobjektes 2 ausgehenden Wärmestrahlung 3,
- 10 b) ein optisches System 4 zur Abbildung der vom Meßfleck 2a ausgehenden Wärmestrahlung auf den Detektor 1
- 15 c) sowie eine Visiereinrichtung 5 zur Kennzeichnung der Lage und Größe des Meßflecks 2a auf dem Meßobjekt 4 mittels sichtbarem Licht 6.

Die Visiereinrichtung 5 besteht im wesentlichen aus einer Lichtquelle 5a, einer beispielsweise durch ein holografisches Element 5b gebildeten diffraktiven Optik und einem zusätzlichen brechenden und/oder reflektierenden optischen Element 5c. Die Lichtquelle 5a sendet eine Referenzwelle 6a auf das holografische Element 5b, wobei ein sich kegelförmig öffnendes Hologramm 6b entsteht, das durch das optische Element 5c so umgeformt wird, daß es eine Intensitätsverteilung 6c bildet, die die Lage und Größe des Meßflecks 2a über alle Meßentfernungen beschreibt.

Als Lichtquelle 5a zur Erzeugung der Referenzwelle wird zweckmäßigerweise ein Laser verwendet. Es ist jedoch auch möglich, eine Halbleiter-Leuchtdiode oder eine thermische Lichtquelle einzusetzen. Bei Benutzung einer thermischen Lichtquelle wird zweckmäßigerweise ein Fil-

ter vorgesehen, um die chromatischen Fehler zu verringern.

Das optische System 4 wird durch einen dichroitischen Strahlteiler 4a und eine Infrarotlinse 4 b gebildet. Die vom Meßfleck 2a ausgehende Wärmestrahlung 3 gelangt zunächst auf den Strahlteiler 4a der, die Wärmestrahlung, d.h. die Infrarotstrahlung, um 90 ° umlenkt und der Infrarotlinse 4b zuführt.

Nachdem der Strahlungsteiler 4a zwangsläufig im Strahlengang der Visiereinrichtung 5 liegen muß, ist dieser als dichromatischer Strahlteiler ausgebildet, der für die vom Meßfleck 2a ausgehende Wärmestrahlung reflektierend und für das sichtbare Licht der Visiereinrichtung 5 durchlässig ist.

Die Größe der zu erzeugenden Markierung hängt im wesentlichen von zwei Parametern ab, nämlich der Meßentfernung und der gewünschten Meßgenauigkeit. Die Meßgenauigkeit ergibt sich aus dem Prozentsatz der vom Meßfleck ausgehenden und auf den Detektor fokussierten Strahlen. Man kann die Fläche des Meßflecks beispielsweise dadurch definieren, daß 90 % der ausgehenden Strahlung auf den Detektor gelangt. Je nach Anwendungsfall kann dieser Prozentsatz jedoch auch verändert werden.

Um sicherzustellen, daß in jeder Meßentfernung die erzeugte Markierung zur Kennzeichnung des Meßflecks die richtige Größe für die gewünschte Meßgenauigkeit aufweist, ist das optische Element 5c vorgesehen, das auf das optische System 4 abgestimmt ist.

Die Fig.2a bis 2g zeigen Lichtintensitätsverteilungen, wie sie auf dem Meßobjekt 2 zur Kennzeichnung des Meßflecks 2a hervorgerufen werden können. Die Fig.2a bis 2d zeigen kreisringförmige Markierungen, die den Meßfleck 2a im wesentlichen ummalen. Die Markierungen können dabei wie in den Fig.2a und 2c als geschlossener Kreisring 3a oder in den Fig.2b und 2d als unterbrochener Kreisring 3b ausgestaltet sein. Dabei kann es auch zweckmäßig sein, die Mitte des Meßflecks durch eine weitere, beispielsweise punktförmige Markierung 3c darzustellen.

In den Fig.2e und f sind die Lichtintensitätsverteilungen als kreuzförmige Markierungen 3d bzw. 3e dargestellt. Der Kreuzungspunkt stellt dabei die Mitte und die vier Eckpunkte die äußeren Begrenzungen des Meßflecks 2a dar.

Eine sehr zweckmäßige Lichtintensitätsverteilung ist in Fig.2g in Form von mehreren konzentrischen Kreisen 3f, 3g, 3h dargestellt. Jeder Kreis stellt dabei einen Bereich des Meßflecks 2a dar, aus dem ein bestimmter Prozentsatz der Energie der empfangenen Wärmestrahlung stammt. So könnte beispielsweise der innere Kreis 3f für den Bereich des Meßflecks stehen, aus dem 90 % der Energie stammt, die auf den Detektor trifft. Der zweite Ring 3g steht für einen Energiewert von 95 % und der dritte Ring 3h würde einem Energiewert von 99 % entsprechen. Mit Hilfe einer derartigen Lichtintensitätsverteilung kann der Benutzer erkennen, mit welcher Genauigkeit er Meßobjekte bestimmter Größe messen kann.

In Fig.3 ist eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung zur Temperaturmessung dargestellt. Dabei wurden für

gleiche Bauteile dieselben Bezugszeichen verwendet. Dieses zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von ersterem im wesentlichen durch seine Ausgestaltung des optischen Systems 4 und des optischen Elementes 5'c der Visiereinrichtung 5. Das optische Element 5'c ist in Fig.3 als ringförmige Linse ausgebildet und ist demnach zur Erzeugung einer der Lichtintensitätsverteilungen gemäß den Fig.2a bis 2d ausgelegt. Die Infrarotlinse 4'b ist so angeordnet, daß sie von der ringförmigen Linse 5'c umgeben wird. Der Detektor 1 ist dann zwischen holografischem Element 5b und der Infrarotlinse 4'b vorgesehen.

Eine derartige Anordnung hat den Vorteil, daß auf einen Strahlteiler verzichtet werden kann. Man muß jedoch eine etwas kompliziertere Befestigung des Detektors in Kauf nehmen, da hierdurch nicht das sich kegelförmig öffnende Hologramm 6b beeinträchtigt werden darf.

In dem in Fig.4 dargestellten dritten Ausführungsbeispiel wird das Problem der Halterung des Detektors 1 dadurch umgangen, daß zwischen holografischem Element 5b und der Anordnung aus ringförmiger Linse 5c und Infrarotlinse 4'b der Strahlteiler 4'a vorgesehen ist. Die vom Meßfleck 2a ausgehende Wärmestrahlung wird somit zunächst von der Infrarotlinse 4'b auf den Strahlteiler 4'a fokussiert und dort um 90 ° auf den Detektor 1 abgelenkt.

Während alle bisher beschriebenen Ausführungsbeispiele fernfokussierte Systeme betrafen, wird in Fig.5 ein Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem der Meßfleckverlauf eines nahfokussierten Systems mit Hilfe einer diffraktiven Optik sichtbar gemacht werden kann. Die Meß-

ebene, d.h. das Meßobjekt 2 liegt hier direkt in der Fokusebene des optischen Systems 4. In der Zeichnung sind jeweils zwei das Infrarotstrahlenbündel begrenzende Strahlen 3i, 3k dargestellt. Der Strahl 3i verläuft vom oberen Rand der Infrarotlinse 4'b zum oberen Rand des Meßflecks 2a bzw. vom unteren Rand der Infrarotlinse 4'b zum unteren Rand des Meßflecks. Der Strahl 3k verläuft hingegen zum unteren Rand der Infrarotlinse 4'b zum oberen Rand des Meßflecks 2a bzw. vom oberen Rand der Infrarotlinse 4'b zum unteren Rand des Meßflecks.

Das optische Element 5'c der Visiereinrichtung 5 ist so ausgelegt, daß zwei Intensitätskegel 6d und 6e entstehen, die im wesentlichen dem Verlauf der Randstrahlen 3k und 3i folgen. Dabei beschreibt der Intensitätskegel 6e die Größe des Meßflecks bis zur Fokusebene und der Intensitätskegel 6d den divergierenden Meßfleck nach der Fokusebene.

Ein Nachteil dieser Ausführungsform besteht darin, daß der Intensitätskegel 6d innen am Randstrahl 3k verläuft, während der Intensitätskegel 6e außen am Randstrahl 3i verläuft. Durch eine andere Gestaltung des brechenden und/oder reflektierenden optischen Elements 5'c läßt sich dieser Nachteil jedoch beheben.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig.5 könnte die Lichtintensitätsverteilung zweckmäßigerweise durch zwei kreisförmige, konzentrische Markierungen gebildet werden, wobei die eine kreisförmige Markierung den zwischen dem optischen Element 5'c und der Fokusebene liegenden Meßfleck und die andere Markierung den - vom op-

- 14 -

tischen Element aus gesehen - hinter der Fokusebene
liegenden Meßfleck kennzeichnet.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Temperaturmessung. Die von einem Meßfleck auf einem Meßobjekt ausgehende Wärmestrahlung wird durch ein optisches System auf einen Detektor abgebildet. Es ist ferner eine Visiereinrichtung mit einer diffraktiven Optik vorgesehen, durch die eine Lichtintensitätsverteilung erzeugt wird, die der Lage und Größe des Meßflecks auf dem Meßobjekt entspricht.

5

10

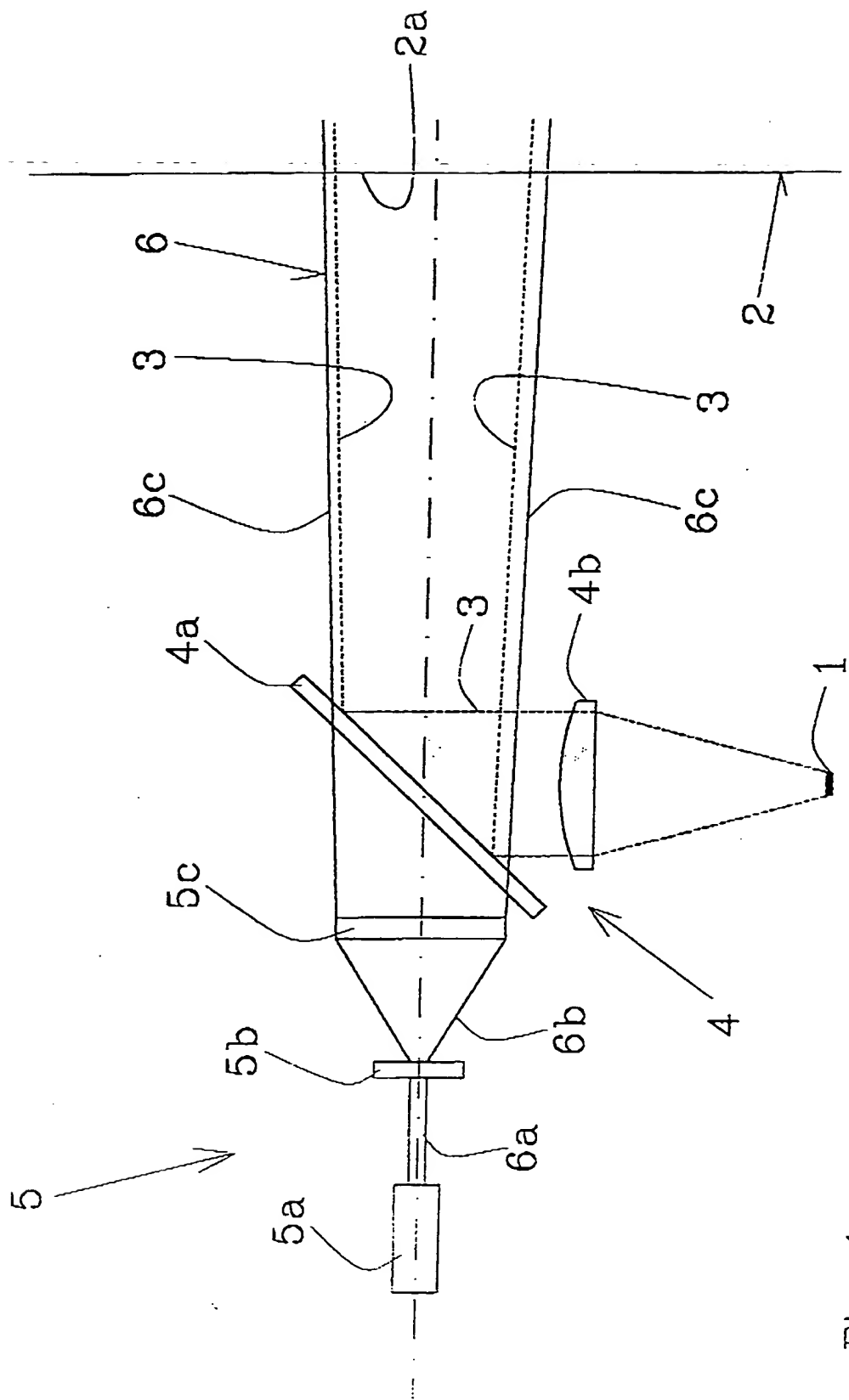


Fig. 1

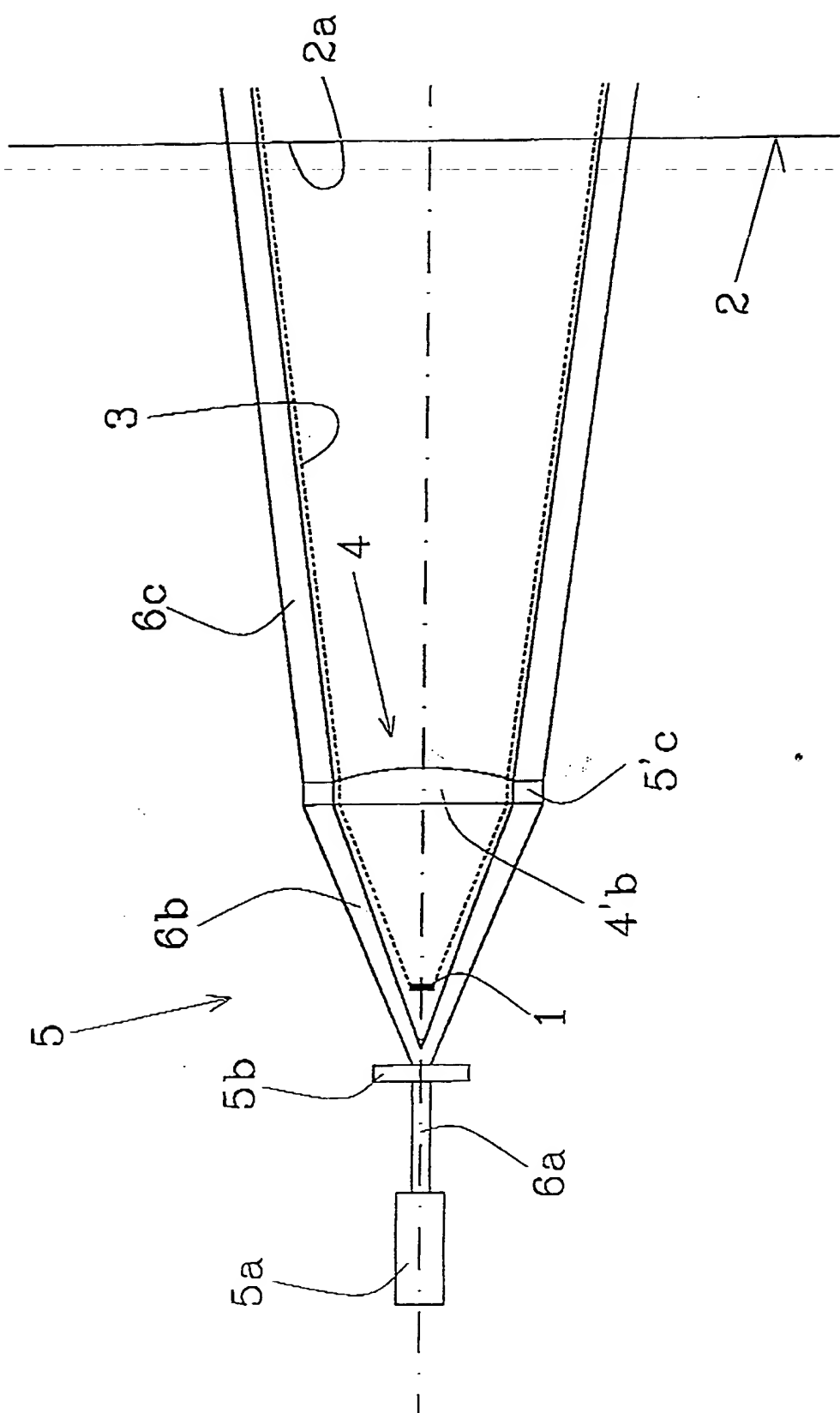
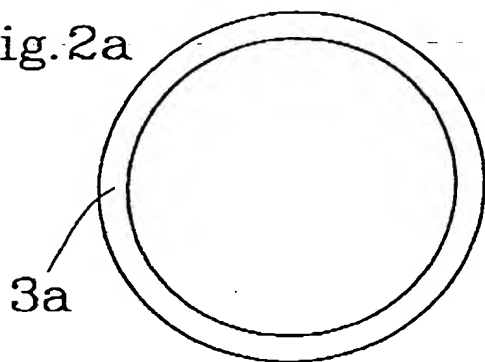


Fig. 3

Fig.2a



3b

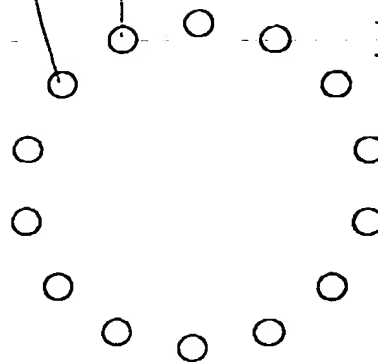
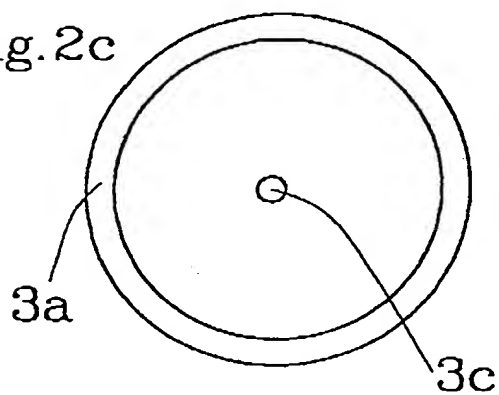


Fig.2b

Fig.2c



3b

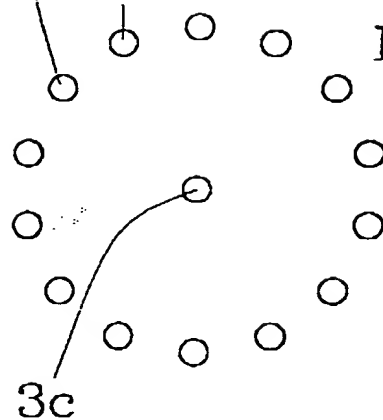


Fig.2d

Fig.2e

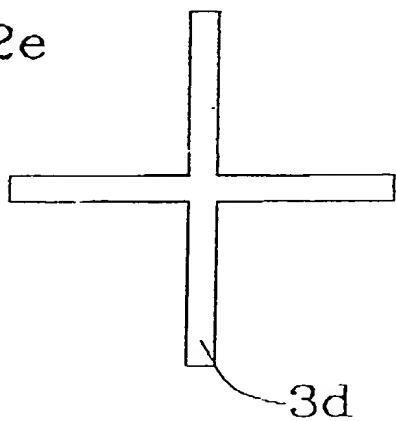
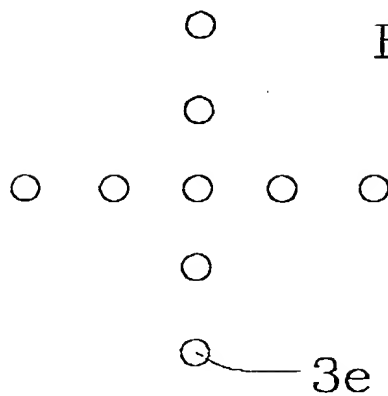


Fig.2f



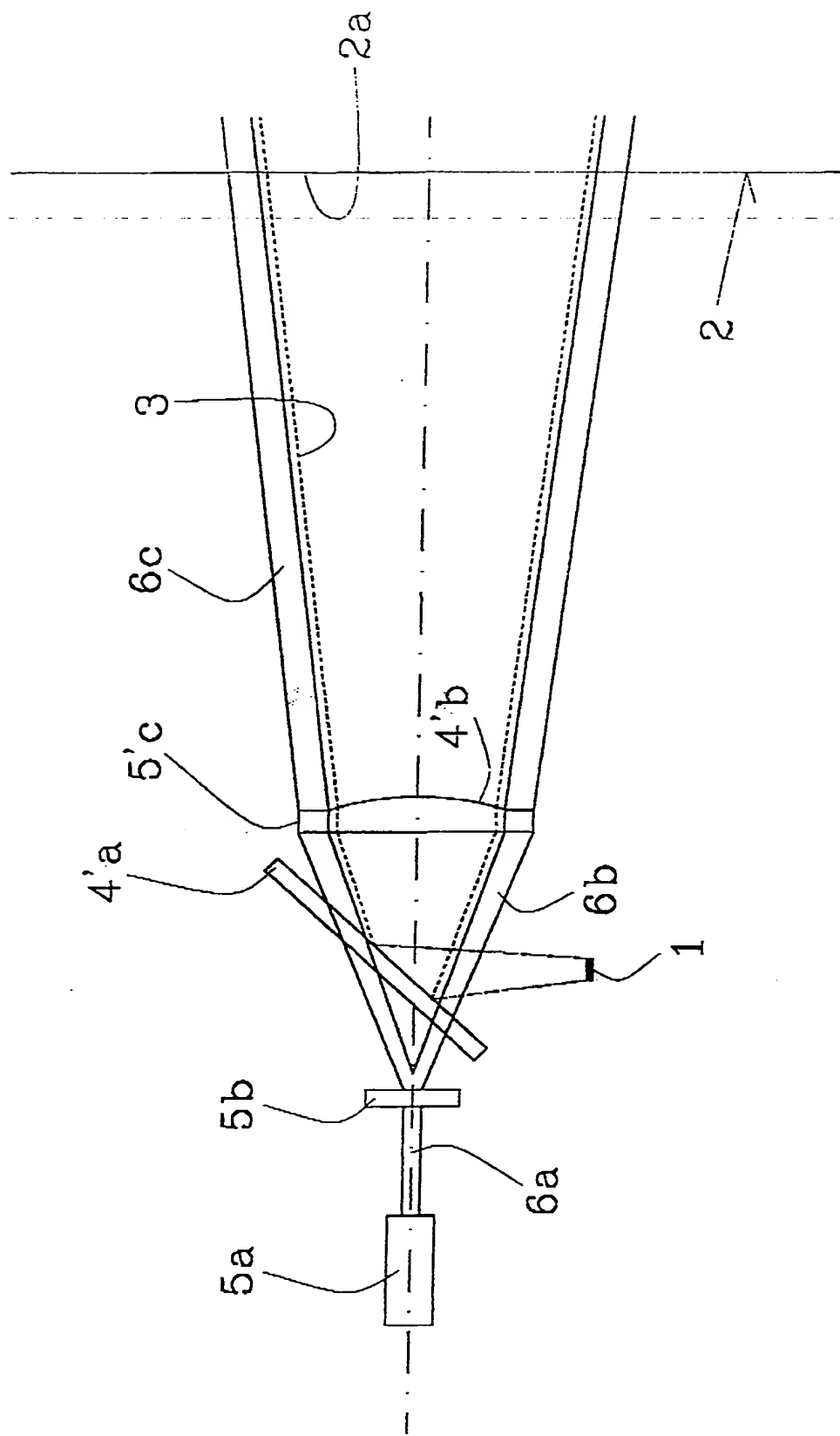


Fig. 4

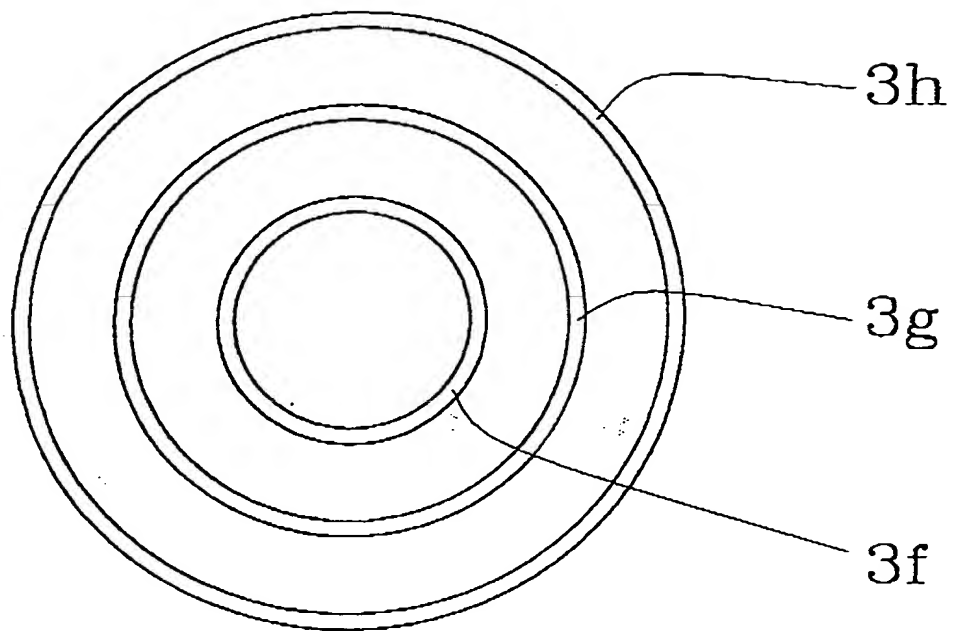


Fig. 29

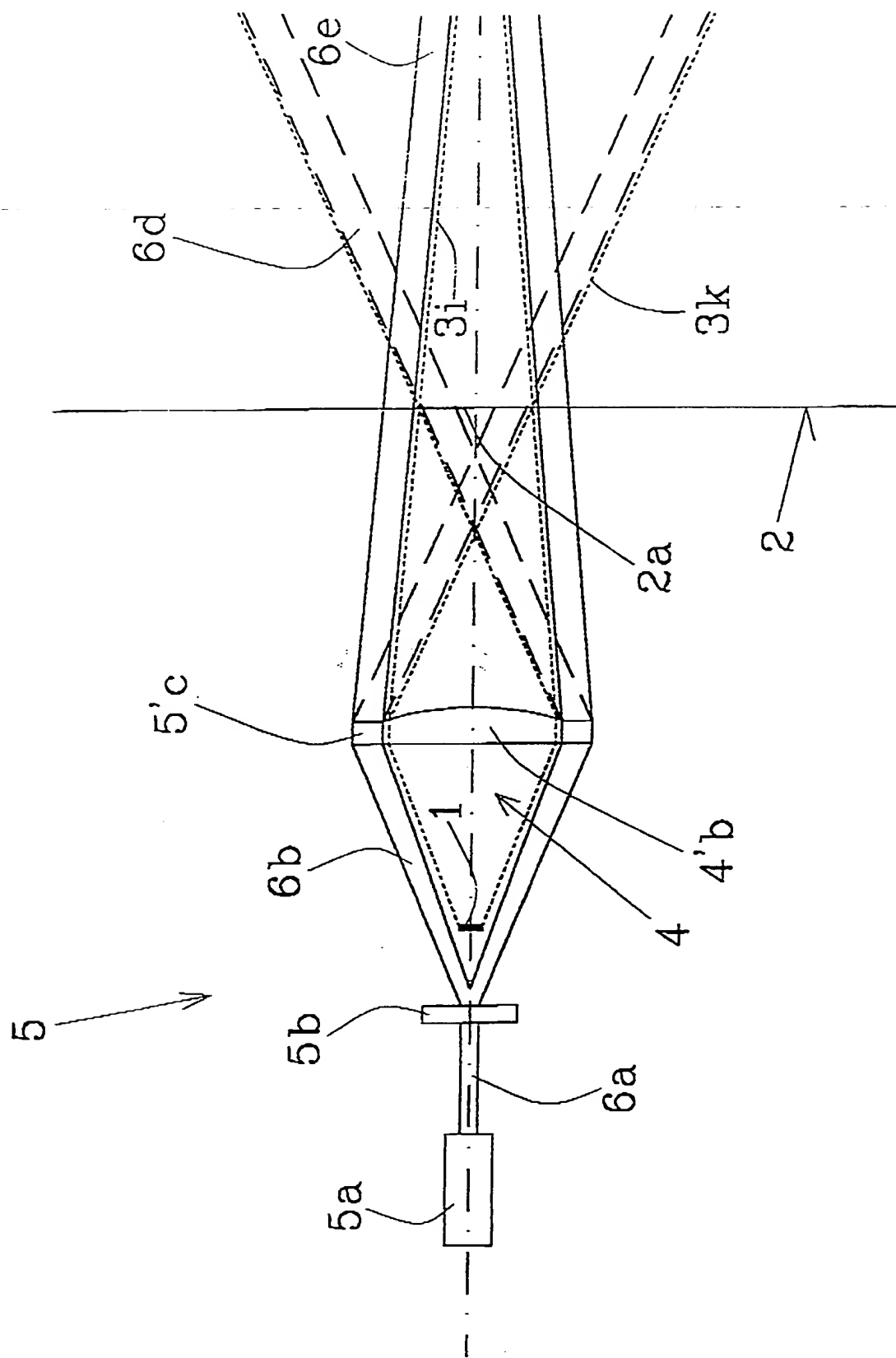


Fig. 5